

DERWENT-ACC-NO: 1998-351277

DERWENT-WEEK: 199831

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Electrostatically driven angular velocity sensor - has diaphragm and drive electrode in between which AC voltage is applied, and in between which electrostatic capacity variation is detected to detect input angular velocity

PATENT-ASSIGNEE: NIPPON KOKU DENSHI KOGYO KK[NIAV]

PRIORITY-DATA: 1996JP-0291795 (November 1, 1996)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 10132572 A	May 22, 1998	N/A	006	G01C 019/56

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 10132572A	N/A	1996JP-0291795	November 1, 1996

INT-CL (IPC): G01B007/30, G01C019/56 , G01P009/04

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 10132572A

BASIC-ABSTRACT:

The sensor includes a mass (4) that is elastically supported at the base of a diaphragm (3). An electrode substrate (6) is arranged opposite the diaphragm. A square-shaped groove is formed at the base of a semiconductor wafer parallel to the XY plane and centering around the Z-axis. A drive electrode and a detection electrode are formed on the interior of an insulating substrate. AC voltage is applied between the drive electrode and the diaphragm, generating an electrostatic force that makes the mass vibrate. The electrostatic capacity between the detection electrode and the diaphragm is detected.

Electrodes (6-1-6-4) oppose the electrode substrate at 90-degree intervals. The drive electrode opposes the first to third electrodes while the detection electrode opposes the second to the fourth electrodes. The drive oscillation of the mass and a detected output oscillation are considered as pendulum oscillations when the AC voltage is applied. The varying electrostatic capacity between the drive electrode and the diaphragm is detected to determine the input angular velocity.

ADVANTAGE - Enables design in short time. Has improved sensitivity.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/5

TITLE-TERMS: ELECTROSTATIC DRIVE ANGULAR VELOCITY SENSE DIAPHRAGM
DRIVE

ELECTRODE AC VOLTAGE APPLY ELECTROSTATIC CAPACITY VARIATION
DETECT

DETECT INPUT ANGULAR VELOCITY

DERWENT-CLASS: S02

EPI-CODES: S02-A02F; S02-B07A; S02-G01X;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1998-274419

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-132572

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月22日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 1 C 19/56

G 0 1 C 19/56

G 0 1 B 7/30

G 0 1 B 7/30

D

G 0 1 P 9/04

G 0 1 P 9/04

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-291795

(22) 出願日 平成8年(1996)11月1日

(71) 出願人 000231073

日本航空電子工業株式会社
東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号

(72) 発明者 白鳥 雅之

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日本
航空電子工業株式会社内

(72) 発明者 富岡 昭浩

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日本
航空電子工業株式会社内

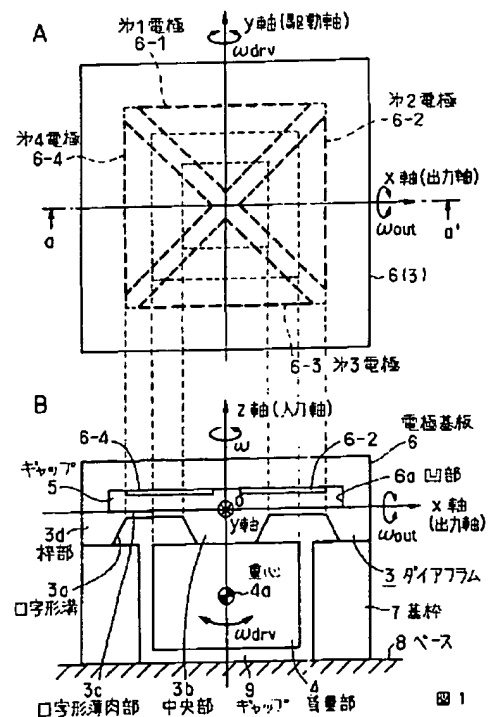
(74) 代理人 弁理士 草野 卓 (外1名)

(54) 【発明の名称】 静電駆動型角速度センサ

(57) 【要約】

【課題】 設計時間の短縮と感度の向上。

【解決手段】 電極基板6は第1～第4電極6-1～6-4がz軸の周りに順にほぼ90°間隔でロ字形薄肉部3cと対向して形成される。第1及び第3電極を駆動電極として、ダイアフラム3との間に、それぞれ互いに差動的に変化する電圧を印加することにより、質量部4の駆動振動と出力振動(検出振動)とを共に振り子振動とする。第2及び第4電極を検出電極として、ダイアフラム3との間の互いに差動的に変化する静電容量を検出することにより、z軸方向の入力角速度 ω を検出する。図1の例ではy軸及びx軸がそれぞれ駆動軸及び出力軸とされ、第1及び第3(第2及び第4)電極がy(x)軸の正及び負の方向を中心として $\pm 45^\circ$ の範囲に、y(x)軸に対して対称に形成される。更に、各電極の外形は図1の例では二等辺三角形とされる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ダイアフラムと、そのダイアフラムの底面側に弾性支持された質量部と、そのダイアフラム上にギャップを介して対向された電極基板とを具備し、前記ダイアフラムは、(x, y, z) 直交座標のxy平面に平行に配された半導体ウエハの底面に、x軸またはy軸に平行な辺をもつロ字形溝がz軸を中心として形成され、そのロ字形溝に囲まれた中央部と、ロ字形溝の底面と対応するロ字形薄肉部と、ロ字形溝の外側の枠部とを有し、

前記質量部は、前記中央部の底面に固定され、前記電極基板は、絶縁性基板の内面に、駆動電極及び検出電極（出力電極）がそれぞれ形成され、前記駆動電極と前記ダイアフラムとの間に交流電圧を印加することにより、前記質量部を静電力により振動させ、前記検出電極と前記ダイアフラムとの間の静電容量を検出することにより、入力角速度を検出するようにした静電駆動型角速度センサにおいて、

前記電極基板は、同じ外形を有する第1乃至第4電極がz軸の周りに順にほぼ90°間隔で前記ロ字形薄肉部と対向して形成され、

対向する前記第1及び第3電極を前記駆動電極として、前記ダイアフラムとの間に、それぞれ互いに差動的に変化する電圧を印加することにより、前記質量部の駆動振動と出力振動（検出振動）とを共に振り子振動とし、対向する前記第2及び第4電極を前記検出電極として、前記ダイアフラムとの間の互いに差動的に変化する静電容量を検出することにより、z軸方向の入力角速度を検出することを特徴とする静電駆動型角速度センサ。

【請求項2】 請求項1において、前記y軸及びx軸がそれぞれ駆動軸及び出力軸とされ、

前記第1及び第3電極が、それぞれy軸の正及び負の方向を中心として±45°の範囲に、y軸に対して対称に形成され、

前記第2及び第4電極がそれぞれ、x軸の正及び負の方向を中心として±45°の範囲に、x軸に対して対称に形成されていることを特徴とする静電駆動型角速度センサ。

【請求項3】 請求項2において、前記第1及び第3電極の形状が、z軸側に頂角を有し、x軸に平行な底辺を有する二等辺三角形であり、

前記第2及び第4電極の形状が、z軸側に頂角を有し、y軸に平行な底辺を有する二等辺三角形であることを特徴とする静電駆動型角速度センサ。

【請求項4】 請求項1において、前記y軸及びx軸をそれぞれ45°回転させたβ軸及びα軸がそれぞれ駆動軸及び出力軸とされ、

前記第1及び第3電極がそれぞれ、前記β軸の正及び負の方向を中心として±45°の範囲に、β軸に対して対称に形成され、

前記第2及び第4電極がそれぞれ、前記α軸の正及び負の方向を中心として±45°の範囲に、α軸に対して対称に形成されていることを特徴とする静電駆動型角速度センサ。

【請求項5】 請求項4において、前記第1及び第3電極の形状が、xy座標の第1及び第3象限内にそれぞれ形成された方形であり、

前記第2及び第4電極の形状が、xy座標の第4及び第2象限内にそれぞれ形成された方形であることを特徴とする静電駆動型角速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は静電駆動型角速度センサに関し、特に質量部の駆動軸方向及び出力軸方向の回転角速度を有する2つの振動、つまり駆動振動と出力振動（検出振動）の共振周波数をできるだけ近づけた、検出感度のよいセンサ及び設計時間を短縮できるセンサに関する。

【0002】

【従来の技術】従来のこの種の角速度センサを図3、図4により説明する。角速度センサには、ダイアフラム3とその底面側に弾性支持された質量部4と、そのダイアフラム3上にギャップ5を介して対向して配された電極基板6が設けられる。従来の角速度センサは図3のx, y, z軸（上下方向の軸がz軸）より成る直交座標の-x軸を入力軸とする回転角速度ωを検出するように構成される。

【0003】ダイアフラム3は、xy平面に平行に配されたシリコンなどの半導体ウエハの底面に、エッチング処理によりx軸またはy軸に平行な辺をもつロ字形溝3aを形成したものである。これによりダイアフラム3にはロ字形溝3aに囲まれた四角形の中央部3bと、ロ字形溝の底面と対応するロ字形薄肉部3cと、ロ字形溝の外側の枠部3dとが形成される。

【0004】質量部4はこの例ではパイレックスガラス等の直方体で、中央部3bの底面に固定される。また枠部3dの底面に、パイレックスガラス等を用いた基枠7が固定され、基枠7の内周面とギャップを介して質量部4が配される。基枠7の高さは質量部4の高さより多少大きくされ、基枠7をベース8上に載置したとき、ベース8と質量部4との間にギャップ9が形成される。

【0005】電極基板6は、ダイアフラム3とほぼ同じ外形をもち、パイレックスガラスなどの絶縁性基板の底面に、周辺部を除いて、ギャップ5に等しい深さをもつ凹部6aが形成される。電極基板6の内面に、四角形のZ電極6bが中央部3bと対向して形成され、そのZ電極6bに近接して、x軸の正及び負の方向側にそれぞれ台形のX1電極6c、X2電極6dがクロム上金などのスパッタリング等により形成される。電極基板6の周辺部6gの底面がダイアフラム3の枠部3d上に固定され

る。

【0006】ダイアフラム3と電極基板6、質量部4及び基枠7との固定には、接着や陽極接合などの方法が用いられる。Z電極6bとダイアフラム3との間に角周波数 ω_{drv} の交流電圧を印加することにより、質量部4に静電力を作用させ、質量部4をz軸方向に角周波数 ω_{drv} で並進振動させる。この場合のz軸を駆動軸、Z電極6bを駆動電極と言う。このとき、入力軸(-x軸に対応する)方向に $\omega = d\theta/dt$ (θ は回転角、 t は*

$$\begin{aligned} CX1 &= C01 + C1 \times Fa(\omega_{drv} \cdot t + \phi1) + C1' \times Fb\omega_{drv} \cdot t, \\ CX2 &= C02 - C2 \times Fa(\omega_{drv} \cdot t + \phi2) + C2' \times Fb\omega_{drv} \cdot t \end{aligned} \quad \dots (1)$$

で表される。Fa及びFbはCX1、CX2の変化部分の時間関数(例えば正弦関数)であり、C1、C2及びC1'、C2'は変動分の振幅である。 $\phi1$ 、 $\phi2$ は位相角であり、入力角速度の方向により決定される。C01、C02は多軸方向の並進震動や入力角速度が無いと※

$$C1, C2 \propto \omega = d\theta/dt \quad (\text{入力角速度の大きさ}) \quad \dots (2)$$

の関係がある。よってCX1、CX2の変化を検出することにより、入力角速度を検出できる。なお、前記のコリオリ力の発生する-y軸を出力軸または検出軸、X1、X2の各電極を検出電極と言う。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】静電駆動型角速度センサの感度を向上させるためには、駆動軸(z軸)方向の並進振動、つまり駆動振動の共振周波数と、出力軸(-y軸)方向の振り子振動、つまり出力振動(検出振動)の共振周波数をできるだけ近づける必要がある。このため従来は、ダイアフラム3のロ字形薄肉部3cの外形寸法及び厚味、質量部4の形状を仮定し、上記の駆動軸方向及び出力軸方向の振動の共振周波数をFEM(有限要素解析; finite element method)、即ち、CAE(computer aided engineering)用のワークステーションを用いた振動解析により求め、その結果により仮定したダイアフラム及び質量部の形状を修正して、再び解析を繰返すと言った、カットアンドトライを繰返すことによりダイアフラム3及び質量部4の形状を設計していた。このため可なり大きな設計時間を必要とした。

【0010】それにもかかわらず、駆動振動及び出力振動の各共振周波数を感度向上のために希望するような互いに近接した値に設定することが困難であった。この発明はこれらの問題を解決することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】

(1) この発明が対象としている静電駆動型角速度センサは、ダイアフラムと、そのダイアフラムの底面側に弾性支持された質量部と、そのダイアフラム上にギャップを介して対向された電極基板とを有する。ダイアフラム★50

*時間)の角速度が入力されると、質量部4に対して-y軸方向にコリオリ力が発生し、質量部4はz軸(駆動軸)方向の並進振動に、-y軸方向の振り子振動(角速度 ω_{out})が加わる。

【0007】これらのz軸方向の並進振動と-y軸方向の振り子振動との合成振動により、X1電極6c及びX2電極6dとダイアフラム3との間の静電容量CX1及びCX2は図5に示すように互いに差動的に変化する。即ち、CX1、CX2は

※きのCX1、CX2の値で、既知である。(1)式の第2項はコリオリにより発生する容量変化、第3項は多軸方向の並進震動による容量変化である。

【0008】

20★は、(x, y, z)直交座標のxy平面に平行に配された半導体ウエハの底面に、x軸またはy軸に平行な辺をもつロ字形溝がz軸を中心として形成され、そのロ字形溝に囲まれた中央部と、ロ字形溝の底面と対応するロ字形薄肉部と、ロ字形溝の外側の枠部とを有する。質量部は、中央部の底面に固定される。

【0012】電極基板は、絶縁性基板の内面に、駆動電極及び検出電極(出力電極)がそれぞれ形成される。駆動電極とダイアフラムとの間に交流電圧を印加することにより、質量部を静電力により振動させ、検出電極とダイアフラムとの間の静電容量を検出することにより、入力角速度を検出する。請求項1の発明では特に、電極基板は、同じ外形を有する第1乃至第4電極がz軸の周りに順にほぼ90°間隔でロ字形薄肉部と対向して形成される。対向する第1及び第3電極を駆動電極として、ダイアフラムとの間に、それぞれ互いに差動的に変化する電圧を印加することにより、質量部の駆動振動と出力振動(検出振動)とを共に振り子振動としている。そして対向する第2及び第4電極を検出電極として、ダイアフラムとの間の互いに差動的に変化する静電容量を検出することにより、z軸方向の入力角速度を検出する。

【0013】(2)請求項2の発明では、前記(1)において、y軸及びx軸がそれぞれ駆動軸及び出力軸とされる。第1及び第3電極がそれぞれ、y軸の正及び負の方向を中心として $\pm 45^\circ$ の範囲に、y軸に対して対称に形成され、第2及び第4電極がそれぞれ、x軸の正及び負の方向を中心として $\pm 45^\circ$ の範囲に、x軸に対して対称に形成される。

【0014】(3)請求項3の発明では、前記(2)において、第1及び第3電極の形状が、z軸側に頂角を有し、x軸に平行な底辺を有する二等辺三角形とされ、第

2及び第4電極の形状が、z軸側に頂角を有し、y軸に平行な底辺を有する二等辺三角形とされる。

(4) 請求項4の発明では、前記(1)において、y軸及びx軸をそれぞれ45°回転させたβ軸及びα軸がそれぞれ駆動軸及び出力軸とされる。第1及び第3電極がそれぞれ、β軸の正及び負の方向を中心として±45°の範囲に、β軸に対して対称に形成され、第2及び第4電極がそれぞれ、α軸の正及び負の方向を中心として±45°の範囲に、α軸に対して対称に形成される。

【0015】(5) 請求項5の発明では、前記(4)において、第1及び第3電極の形状が、xy座標の第1及び第3象限内にそれぞれ形成された方形とされ、第2及び第4電極の形状が、xy座標の第4及び第2象限内にそれぞれ形成された方形とされる。

【0016】

【発明の実施の形態】図1、図2の実施例を参照して発明の実施の形態を説明する。図1、図2には図3と対応する部分に同じ符号を付け、重複説明を省略する。この発明では、電極基板6には同じ外形を有する第1～第4電極6-1～6-4がz軸の周りに順にほぼ90°間隔で口字形薄肉部3cと対向して形成される。その内の互いに対向する第1電極6-1及び第3電極6-3を駆動電極として、ダイアフラム3との間に、互いに差動的に変化する交流電圧(例えば正弦波状電圧)を印加することにより、質量部4の駆動振動と出力振動(検出振動)を共に振り子振動としている。互いに対向する第2電極6-2及び第4電極6-4を検出電極として、ダイアフラム3との間の互いに差動的に変化する静電容量を検出*

$$CA1 = C01 + C1 \times Fb(\Omega b \cdot t + \phi 1),$$

$$CA2 = C02 - C2 \times Fb(\Omega b \cdot t + \phi 2) \quad \dots (3)$$

で表される。FbはCA1、CA2の変化部分の時間関数(例えば正弦関数)であり、Ωbは角周波数、C1、C2は変動分の振幅である。φ1、φ2は位相角であり、入力角速度の方向により決定される。C01、C02は入力角速度が無いときのCA1、CA2の値で、既知である。振幅C1、C2は(2)式のように入力角速度の大きさ $\omega = d\theta/dt$ に比例するので、CA1、CA2の変化を検出することにより、入力角速度を検出できる。

【0020】この発明では、質量部4に対する駆動軸(y軸)方向の駆動振動(ω_{drv})及びz軸(入力軸)方向の入力角速度 $\omega = d\theta/dt$ が加わったときの質量部4の出力軸(x軸)方向の出力振動(ω_{out})はともに振り子振動とされ、xy平面内でこれら2つの振り振動は互いに対称となる。このことから、駆動軸(y軸)及び出力軸(x軸)方向の振り子振動の共振周波数を所望の近接した値(例えば10Hz程度の差)に設定でき、高感度のセンサの設計が容易に行える。

【0021】なお、前記2つの振り子振動が対称となるためには、駆動軸(y軸)を基準にした駆動電極6-

*することにより、z軸方向の入力角速度を検出する(請求項1)。

【0017】図1の例では、y軸及びx軸がそれぞれ駆動軸及び出力軸とされる。第1電極6-1及び第3電極6-3は、それぞれy軸の正及び負の方向を中心として、±45°の範囲に、y軸に対して対称に形成される。一方、第2電極6-2及び第4電極6-4は、それぞれx軸の正及び負の方向を中心として45°の範囲に、x軸に対して対称に形成される(請求項2)。

【0018】更に図1の例では、第1電極6-1及び第3電極6-3の形状が、z軸側に頂角を有し、x軸に平行な底辺を有する二等辺三角形とされ、一方第2電極6-2及び第4電極6-4の形状が、z軸側に頂角を有し、y軸に平行な底辺を有する二等辺三角形とされる(請求項3)。第1電極6-1及び第3電極6-3とダイアフラム3との間にそれぞれ差動的に変化する角周波数 ω_{drv} の交流電圧を印加する。これにより第1電極6-1とダイアフラム3間及び第3電極6-3とダイアフラム3間に、互いに差動的な静電力が作用し、質量部4がy軸(駆動軸)方向の角速度 ω_{drv} をもつ振り子振動する。このとき、z軸(入力軸)方向に角速度 $\omega = d\theta/dt$ の角速度が入力されると、x軸(出力軸)方向にコリオリ力が発生し、x軸方向の角速度 ω_{out} をもった振り子振動が出現する。

【0019】このとき第2電極6-2とダイアフラム3間及び第4電極6-4とダイアフラム3間の静電容量CA1、CA2は

※1、6-3の配置及び形状と、出力軸(x軸)を基準とした出力電極(検出電極)6-2、6-4の配置及び形状とが全く同じであることが必要である。図2に示するのはy軸(駆動軸)及びx軸(出力軸)を時計方向にそれぞれ45°回転させたβ軸及びα軸を駆動軸及び出力軸とし、第1乃至第4電極6-1～6-4の位置も45°回転させると共に形状を三角形から方形に変更した場合であり、駆動電極6-1、6-3及び出力電極6-2、6-4の駆動軸或いは出力軸に対する配置及び形状は同じである。この場合も、駆動振動と出力振動とはαβ平面内で、互いに対称な振り子振動となっている。

【0022】第1電極6-1及び第3電極6-3はそれぞれ、β軸の正及び負の方向を中心として±45°の範囲に、β軸に対して対称に形成される。また第2電極6-2及び第4電極6-4はそれぞれ、α軸の正及び負の方向を中心として±45°の範囲に、α軸に対して対称に形成される(請求項4)。更に図2の例では、第1電極6-1及び第3電極6-3の形状が、xy座標の第1及び第3象限内にそれぞれ形成された方形とされ、第2電極6-2及び第4電極6-4の形状は、xy座標の第

4及び第2象限内にそれぞれ形成された方形とされる(請求項5)。図2の場合も、図1と類似の特性が得られる。

【0023】

【発明の効果】この発明では、駆動振動と出力振動とを互いに対称な振り子振動とすることによって、2つの振動の共振周波数を所望の近接した値に設定することを可能とし、従来より高感度の角速度センサを、従来のようにカットアンドトライを繰返すことなく、少ない時間で設計することができる。

【図1】

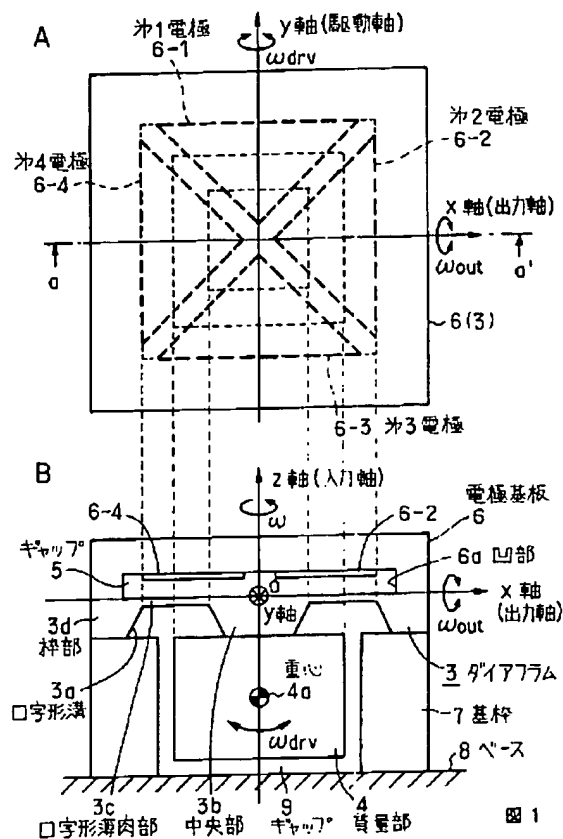


図1

【図2】

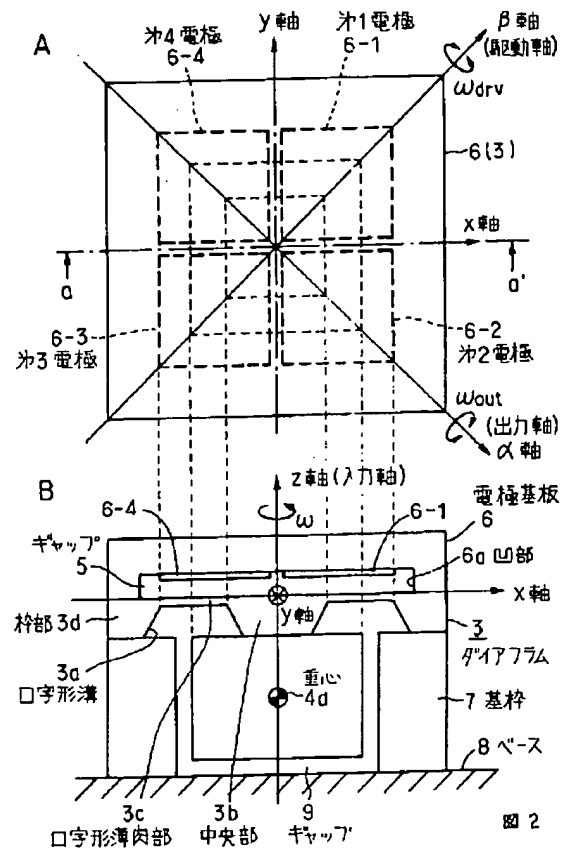


図2

【図5】

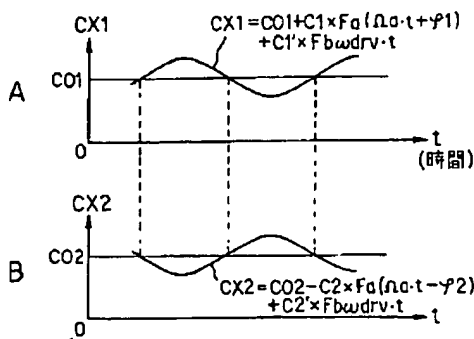


図5

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例を示す図で、Aは平面図、BはAのa-a'断面図。

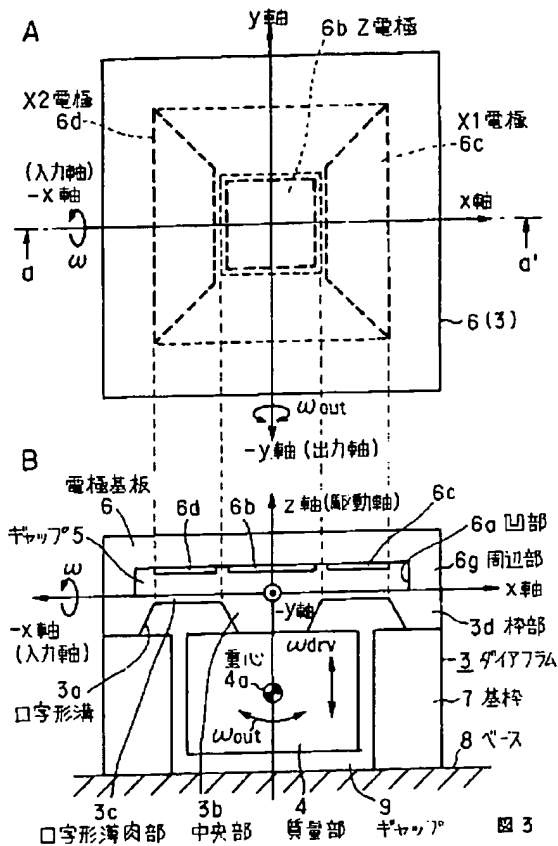
【図2】この発明の他の実施例を示す図で、Aは平面図、BはAのa-a'断面図。

【図3】従来の角速度センサを示す図で、Aは平面図、BはAのa-a'断面図。

【図4】図3のダイヤフラム3の平面図。

【図5】図3のX1、X2電極とダイヤフラム間の静電容量CX1、CX2の波形図。

【図3】



【図4】

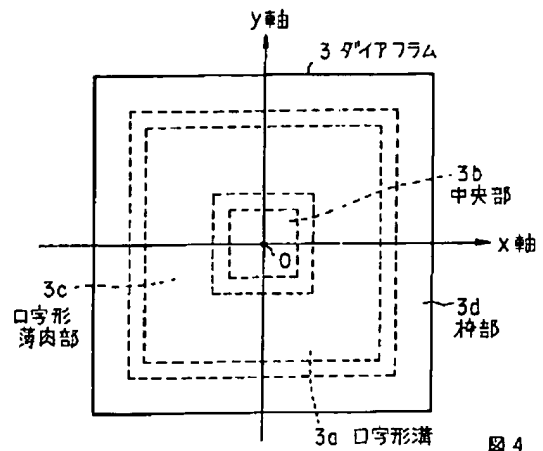


図 4

【手続補正書】

【提出日】平成8年11月6日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

$$\begin{aligned}
 CX1 &= C01 + C1 \times Fa(\omega_{drv} \cdot t + \phi1) + C1' \times Fb \omega_{drv} \\
 &\cdot t, \\
 CX2 &= C02 - C2 \times Fa(\omega_{drv} \cdot t + \phi2) + C2' \times Fb \omega_{drv} \\
 &\cdot t \\
 &\dots (1)
 \end{aligned}$$

で表される。Fa及びFbはCX1、CX2の変化部分の時間関数（例えば正弦関数）であり、C1、C2及びC1'、C2'は変動分の振幅である。φ1、φ2は位相角であり、入力角速度の方向により決定される。C0

【0007】これらのz軸方向の並進振動と-y軸方向の振り子振動との合成振動により、X1電極6c及びX2電極6dとダイアフラム3との間の静電容量CX1及びCX2は図5に示すように互いに差動的に変化する。即ち、CX1、CX2は

1、C02はz軸方向の並進振動や入力角速度が無いときのCX1、CX2の値で、既知である。(1)式の第2項はコリオリオにより発生する容量変化、第3項はz軸方向の並進振動による容量変化である。